AMAZONIANA	Band I, 1 Vol.	Seite 11—35	Dez. 1965

(Do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manáus-Amazonas, Brasil, e da Hydrobiologische Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft, Plön (Holstein), Alemanha)

A Limnologia e a sua importância em pesquisas da Amazônia

Por Harald Sioli

A palavra „Limnologia" é derivada do grego, da palavra ἡ λίμνη = o lago, e significa originàriamente a ciência dos lagos. Pois a limnologia que se desenvolveu partindo da hidrobiologia, da ciência da vida nas águas, teve o seu início no século passado com alguns estudos sôbre lagos de água doce. Considerou-se nêstes trabalhos não mais a fauna ou flora aquáticas como objeto de estudo, mas o lago como um todo, com os seus fenômenos físicos e químicos além dos biológicos.

Foi sob êste ponto de vista que o americano Stephen A. Forbes fez uma palestra, em 1887, à qual êle deu o título significativo „The lake as a microcosm" (Forbes 1887) — o lago como um microcosmo. E êle caracterizou o lago do seguinte modo: „It forms a little world within itself — a microcosm within which all the elemental forces are at work and the play of life goes on in full, but on so small a scale as to bring it easily within the mental grasp" — „Ele forma um pequeno mundo dentro de si mesmo — um microcosmo no qual tôdas as fôrças elementais estão em ação e o jôgo da vida ocorre na sua íntegra porém numa escala tão reduzida que êle se torna facilmente compreensível para a mente humana".

E 14 anos mais tarde, o antigo mestre da limnologia, o suiço F. A. Forel termina o seu Handbuch der Seenkunde (Forel 1901) com um capítulo igualmente intitulado „O lago como microcosmo" no qual êle escreve: "O lago é um mundo em escala pequena no qual sempre se repete o cíclo da integração à dissolução. Êste microcosmo, para usar o termo introduzido pelo Professor S. A. Forbes, seria autosuficiente mesmo por longo tempo, ainda que êle fôsse completamente isolado contra os meios do ambiente. Porém, êle se acha em ligação direta ou indireta com a atmosfera, com a terra circundante, com a região das suas cabeceiras e, através da sua saída, com o mar. O lago, desta forma, incorpora-se como elo importante no processo da evolução da vida nesta terra. ... Cada lago é um órgão da terra. ..."

Com estas publicações, a ciência da vida n o s corpos d'água, a hidrobiologia, transformara-se na ciência da vida d o s corpos d'água, que é a limnologia.

As palavras citadas dos dois autores fundadores da nossa ciência demonstram nitidamente o carater e o alvo de pesquisas limnológicas: Através do estudo dos fatôres isolados de um lago, da vida no mesmo e das condições e dos processos físicos e químicos que nêle ocorrem, chega-se à compreensão do lago como um todo, quer dizer, da junção de biótopo e biota numa rede entrelaçada de ações e efeitos mútuos entre os organismos e o ambiente (vivo e não vivo) dos mesmos, daquele que Forbes vestiu nas palavras expressivas „play of life", num dado setor da biosfera. Desta forma, a limnologia faz parte da E c o l o g i a   g e r a l.

Nesta base de conceitos ecológicos erigiu-se então, em seguida, o edifício da Limnologia clássica, especialmente por AUGUST THIENEMANN, na Alemanha, EINAR NAUMANN, na Suécia, e BIRGE e JUDAY, nos Estados Unidos. Criaram-se, por êstes pesquisadores, a tipologia dos lagos, a limnologia regional, e a primeira visão dos processos químicos e bioquímicos decorrentes em certos lagos, ou seja da „fisiologia" dos mesmos.

Veremos, ligeiramente, como a limnologia, por exemplo, enxerga aquela rêde de ações e efeitos dentro de um lago, como, nêle, os processos inorgânicos, quer dizer, físicos e químicos, e os processos orgânicos, vitais, condicionam-se e influenciam-se mutuamente.

Para compreender isto, vamos considerar um esquema dos ciclos físicos, químicos e biológicos num lago idealizado, cujas influências externas que êle sofre dos seus afluentes, da infiltração e da drenagem, da introdução de matérias alóctonas e da perda de matéria essencial por drenagem, pela caça por animais não aquáticos ou pela pesca, serão por enquanto deixados de lado. Sob estas condições, os seguintes ciclos são mais ou menos estáveis (fig. nº 1).

Numa depressão fechada na superfície terrestre, cheia d'água, que é um lago, encontra-se uma certa quantidade de sais dissolvidos e de gás carbônico. Com a energía solar que penetra na água, estas substâncias são usadas na formação de matéria viva pelo processo fotossintético nas plantas verdes que, nos lagos, são o fitoplancton e as plantas superiores das faixas marginais até uma profundidade alcançada pelos raios de luz.

Chama-se esta formação de matéria orgânica, partindo de substâncias não vivas e da energia solar, a „produção primária". É um fenômeno que varía muito de corpo d'água para corpo d'água, dependendo de muitos parâmetros. Do tamanho desta „produção primária", naturalmente, depende em parte a quantidade da produção de animais, do zooplancton até aos peixes aproveitados pelo homem, quer dizer, tôda a „cadeia de alimentação" no corpo d'água, e é, pois, compreensivel que, nos últimos anos, muitos limnólogos estão concentrando os seus esfôrços na determinação quantitativa da „produção primária" nos diferentes lagos e em diferentes épocas, etc. etc. E até no „International Biological Programme (IBP)", naquele vasto programa de estudos biológicos no mundo inteiro que, no ano passado, foi lançado pelo International Council of Scientific Unions (ICSU) e que tem como alvo de estudar „a base biológica de produtividade e bem-estar humano", a „produção primária" dos mais diversos biótopos na superfície do nosso globo ocupa o primeiro lugar nos assuntos a serem investigados.

Pela „produção primária", diminue-se a quantidade original dos sais e do gás carbônico contidos na água, sendo partes deles fixadas na matéria viva. Mas o fitoplancton e as plantas superiores não vivem eternamente. Uma parte dêles sempre morre, se transforma em detrito o qual, pela ação de bactérias e de outros processos microbióticos, utilizando processos de redução e de oxidação, é dissolvido e remineralizado, libertando, dêste modo, de novo as substâncias originais, que agora podem entrar outra vez no ciclo vital do lago. Uma outra parte do fitoplancton e das plantas superiores é aproveitada por animais aquáticos, pelo zooplancton e pelos animais não planctônicos, o necton e o benthos („produção secundária"), e uma parte destes, por sua vez, serve de alimentação a outros animais, carnívoros, („produção terciária" etc. até „produção final"). Mas todos estes animais, depois de certo tempo, também morrem, e os detritos dos mesmos, em parte somente depois de os seus cadáveres serem antes consumidos e aproveitados ainda por animais necrófagos, sofrem finalmente os processos da remineralisação. As bactérias etc., os intermediários dêstes processos de remineralisação, também em parte entram de novo diretamente no ciclo vital, sendo aproveitadas por partes do zooplancton e dos animais não planctônicos, antes de completar os processos de remineralisação. Dêste modo, establece-se finalmente uma rêde de relações e efeitos mútuos, num estado, que representa aproximadamente e pelo menos temporáriamente um equilíbrio.

Cada um dos processos e das relações pode e deve ser estudado, na limnologia, isoladamente e por métodos analíticos, mas o alvo fica sendo sempre a síntese de todos êles da qual resulta a compreensão de que ocorre no corpo d'água inteiro e faz dequela acumulação de uma certa quantidade d'água numa depressão do terreno — um „lago".

Na realidade, porém, um lago não existe completamente isolado do seu ambiente como supunhamos no nosso desenho esquemático. A origem e a forma da sua bacia, p. e., depende da história geológica da terra circundante, o seu maior ou menor teôr em sais dissolvidos é determinado pela mineralogia do ambiente, pelos solos e pelo clima. Desta forma não é de admirar que se encontram, na natureza, diversos tipos de lagos, p. e., ricos ou pobres em sais nutritivos ou em outras substâncias que determinam não somente a quantidade da vida nêles, a produtividade biológica, mas também a qualidade da flora e fauna aquáticas e a diversidade dos processos físicos e químicos que podem correr para diferentes direções. Tais observações e estudos conduziram à criação de uma classificação dos lagos, a um sistema de tipos de lagos, engrupando-os, na limnologia clássica, em p. e. lagos eutróficos, lagos oligotróficos (conforme o teôr em substâncias nutritivas e a produtividade biológica) ou lagos distróficos quando são caraterizados por grandes quantidades de substâncias de humus nas águas que dão à água uma típica coloração marron.

E, considerando que um lago é uma das expressões do carater geológico, mineralógico, pedológico e climático de uma região, a comparação de lagos de diferentes regiões levou ao estabelecimento da chamada Limnologia Regional que quer esclarecer justamente estas relações de dependência entre o ambiente terrestre e o carater do lago. Desta forma, a Limnologia é um setor não somente das ciências biológicas, mas igualmente das chamadas geociências.

Até então, o objeto principal de estudo da Limnologia era o lago. Mas logo também o campo de estudos foi alargado para todos outros corpos d'água continentais, incluindo agora não somente águas estagnadas mas também todos os tipos de águas correntes. Desta maneira, a Limnologia de hoje ocupa-se além dos lagos, também com os pântanos, os poços, os rios e córregos, as fontes, a água subterrânea, e mesmo com as pequenas acumulações temporárias de águas que ocorrem p. e. entre as fôlhas de certas plantas, as chamadas fitotelmas. Desta forma, a Limnologia hoje representa a ciência de todas as águas continentais deixando de lado somente os mares, os oceanos, tratados pela ciência irmã, a oceanografia, com a qual está ligada por estreitos laços formados por idéias e problemas comuns e, na natureza mesma, pela região das águas salobras de certos mares e dos estuários dos rios.

Naturalmente, os problemas a serem estudados dentro dos limites da Limnologia podem ser muito especializados, mas, como já dissemos, o alvo final é sempre o de reconhecer o corpo d'água como um todo o qual, por sua vez, é somente uma parte da natureza do ambiente, um „orgão" da mesma, e dependente dela.

Como podíamos estudar, dentro de um lago, qualquer um dos seus problemas especiais para ganhar um melhor conhecimento do funcionamento do lago como um inteiro, assim podemos também escolher as águas naturais de uma dada região como ponto de partida na tentativa de chegar a uma melhor compreensão do carater geral e das condições naquela região mesma.

As condições para tais tentativas, de chegar a uma compreensão melhor de uma região natural inteira, baseadas em estudos limnológicos das suas águas naturais, são especialmente favoráveis na Amazônia. Pois, na região amazônica, trata-se, de um lado, de uma área bem definida e de carater especial muito diferente das zonas circundantes, e, de outro lado, existem, nesta região de floresta pluvial equatorial, águas naturais em abundância e em tôdas as partes.

Para tal finalidade, não são os lagos que oferecem os melhores objetos a serem estudados, mas são as águas correntes, os rios e os igarapés. Enquanto que os lagos apresentam-se como corpos mais ou menos autónomos, nos quais, mesmo tendo recebido a sua morfologia, o teôr em sais minerais e nutritivos, as condições físicas de temperatura etc. pelo ambiente, ocorrem processos que fazem de cada um deles um „microcosmo", para usar a palavra clássica de Forbes, as águas correntes são quase por completo somente produtos do ambiente terrestre, dependentes da paisagem circundante, especialmente da das cabeceiras, da qual recebem os produtos finais do metabolismo da mesma, a fim de eliminá-los dela. Representam as águas correntes, desta forma e sob aspeto fisiológico, para assim dizer, a „urina da paisagem".

É claro que, pela análise qualitativa e quantitativa, nas águas correntes, dos produtos finais do metabolismo de uma paisagem, podem-se tirar conclusões sôbre pelo menos algumas particularidades do funcionamento inteiro, quer dizer, da Ecologia dela. E é uma circunstância favorável para o nosso fim, que, na Amazônia, há justamente águas correntes em abundância, enquanto que verdadeiros lagos, a não ser as lagôas marginais de muitos rios com planícies de aluviões (várzeas), são de fato ausentes em tôda a região.

O zoólogo suiço Hans Bluntschli, que trabalhou na Amazônia em 1912, já compreendera esta vasta região como um „organismo harmônico" cujo carater é determinado pela ação comum dos fatores vento e planície, floresta e água, de maneira que „tudo deve estar sob a sua influência, do ser vivo o mais diminuto até o modo de viver do homem" (Bluntschli, Sem ano, p. 12).

Escolhemos, pois, as águas da Amazônia como objeto de estudos, não para resolver problemas específicos de quaisquer águas, mas para nos aproximar a uma compreensão das peculiaridades da Amazônia, baseando-nos naquilo que as águas nos podem relatar.

Já a geologia da Amazônia demonstra a importância que a água teve na formação desta região, como um mapa geológico da Amazônia pode fácilmente ilustrar (fig. nº 2).

Já no início do Paleozóico, a região, que hoje é ocupada pela bacia amazônica, foi coberta por um grande golfo do mar, do Oceano Pacífico, aberto para o oeste, limitado no norte e no sul pelos maciços das Guianas e do Brasil Central, respetivamente, e fechado no leste. Perdurou êste golfo do mar pelo Paleozóico inteiro, e encontramos os seus vestígios hoje nas faixas de sedimentos marinhos daquela época geológica que limitam a depressão da baixa Amazônia no norte como no sul e os quais, em baixo de uma capa de sedimentos posteriores, encheram a mesma numa espressura de até mais de

2 500 m. Durante o Mesozóico, porém, por movimentos verticais do continente sulamericano, o mar retirou-se daquêle golfo; o seu fundo ficou sêco e tornou-se terra, um fato que deve se concluir da falta de camadas daquele período. Os rios que então naturalmente devem ter drenado esta zona, provavelmente correram em direção ao Pacífico. Somente com o fim do período do Mioceno, na época do Terciário, no limite ocidental do bloco sulamericano começaram os Andes o seu levantamento com o qual obstruiram a saída dos rios para o Pacífico. As águas dos mesmos ficaram então represadas, formando com o progresso do levantamento dos Andes um enorme lago interno de, geralmente, água doce, que estava fechado em quase todos os lados, tendo, talvez, somente pequenas ligações temporárias com o mar das Antilhas. Pelo pêso da grande massa d'água em cima do bloco continental e da massa de sedimentos no fundo daquele lago que finalmente atingiram espessuras de até ± 250 metros, a crosta terrestre cedeu, afundando-se sempre mais a região do imenso lago, até que, durante o Pleistoceno, quer dizer, em tempos geológicos não muito remotos, a margem oriental do lago amazônico da época do Terciário ficou tão baixa que a água do lago podia esvasiar-se, mas desta vez em direção ao Atlântico. Aliviado do pêso da massa d'água, a crosta terrestre que formou o fundo daquele lago, levantou-se devagar, ficando acima do nível do mar e transformando-se em terra firme e sêca. Em cima do antigo fundo do lago interno amazônico de água doce da época do Terciário, então, a moderna floresta amazônica começou a se formar e a cobrir a terra com um denso manto de vegetação terrestre, e os rios, que agora começaram a correr em direção ao leste, ao Atlântico, desde aquele tempo, estão escavando os seus leitos maiores nos sedimentos lacustres, relativamente moles, do Terciário e enchendo-os parcialmente de novo com aluviões recentes, trazidos dos Andes e, em escala muito menor, das outras regiões limítrofes da Amazônia de hoje. (Cf. Katzer 1903; Oliveira e Leonardos 1943).

Esta é, em curtas palavras, a história geológica da Amazônia, que representa, pois, uma típica paisagem netúnica, na qual o plutonismo, as atividades vulcânicas, exerceram somente um papel muito reduzido e de importância somente local nas manchas de erupções de diabásio, erupções que ocorreram no período do Mesozóico, provavelmente no Rético.

Mas, o que nos interessa aqui, são as águas atuais. A geologia, porém, serve para nos dar uma idéia geral da formação e da subdivisão da região a ser estudada. Pois a geologia é, num estudo de uma região natural, sempre o melhor começo para entrar na rêde das relações mútuas dos muitos fatôres cujo conjunto determina o carater da região. Esta rêde de relações ou dependências mútuas da qual a água, na natureza, faz parte se compõe mais ou menos da seguinte forma (simplificada): uma dada região possue uma certa base geológica e um certo clima; êstes dois fatôres fornecem a matéria prima e determinam, em parte, a morfologia da superfície terrestre e a direção dos processos de decomposição à qual está sujeita aquela matéria prima, e, em conjunto, causam a formação e a qualidade do solo daquela região e o tipo da cobertura vegetal. Da geologia-mineralogia do subsolo, do relêvo, do clima e da qualidade do solo etc., agora depende também a composição química das águas naturais, o teôr qualitativo e quantitativo em substâncias dissolvidas, coloidais e em suspensão, inorgânicas e orgânicas de maneira que estas permitem conclusões sôbre os primeiros fatôres. A quantidade das partículas inorgânicas suspensas nas águas é, pela maior parte, determinada pela topografia da superfície terrestre, em conjunto com o clima (quantidade e distribuição das chuvas) e a cobertura vegetal do solo (erosão acelerada na ausência de um revestimento por plantas) das zonas de cabeceiras daqueles corpos d'água. A qualidade química de uma água atua — além do clima, da história geológica da região, etc. — parcialmente

também sôbre a sua biologia, flora e fauna, pois muitas especies estão ligadas, por exemplo, a um certo pH da água, a um certo teôr em cálcio, etc., etc. Os organismos aquáticos por sua vez, muitas vezes têm também efeitos sôbre o quimismo da água na qual vivem e o qual êles alteram, p. e. por processos de descalcificação, consumo e eventual fixação de substâncias mínimas, biologicamente importantes, pelo consumo ou pela produção de oxigênio ou de gás carbônico, etc.

Vemos, desta forma, como os corpos d'água são membros de um setor da superfície do nosso globo, de uma „paisagem". Êles dependem da última, e simultáneamente influenciam a mesma por sua vez com p. e. as suas erosões e aluviões, com a sua extração ou acumulação de substâncias dissolvidas, com variações do nível de água subterrânea determinadas por êles, com efeitos sôbre o clima, etc., etc. e com tantas outras atividades que não é possivel relatá-las tôdas aquí.

Vamos ver agora o que o estudo limnológico das águas da Amazônia pode contribuir — ou talvêz já contribuiu um pouco — à compreensão desta vasta região, mas vamos nos concentrar também naqueles resultados de pesquisas que têm uma importância prática para o bem material do homem. Quero acentuar aqui, que o sentido e a importância de uma ciência não consiste na possibilidade de uma aplicação prática dos seus resultados, pois o seu valor para o desenvolvimento espiritual da humanidade é incomparavelmente superior. Mas atualmente, o número da população humana nêste planeta cresce vertiginosamente, em progressão geométrica, de maneira que os homens têm que mobilizar tôdas as suas fôrças para ampliar a base alimentar e preparar possibilidades de vida para as massas futuras dos sêres humanos, a fim de evitar revoluções e distúrbios desastrosos partindo de partes superpopuladas dêste globo por causa de verdadeira fome.

Sob estas condições não se justifica mais um aproveitamento somente empírico das terras e de todos os outros recursos naturais ainda inexplorados como se fazia nos tempos anteriores. Antes de iniciar um programa de utilização de partes da natureza, hoje em dia pesquisas científicas têm que fornecer os dados básicos sôbre os quais deve ser construido qualquer plano prático para garantir o melhor sucesso possivel e, ao mesmo tempo, para evitar eventuais consequências desastrosas que podem ocorrer — como já muitas vezes aconteceram no mundo! — quando não são levados em conta todos os entrelaçamentos, tôdas as depêndencias mútuas na natureza que somente a ciência, com pesquisas minuciosas e sob todos os pontos de vista, pode esclarecer.

O exame das águas, na Amazônia, demonstra nítidas relações com as zonas geológicas-mineralógicas das quais estas águas provêm. Deve ser dito que, sob êste ponto de vista, não é muito interessante examinar as águas dos grandes rios, como p. e. do Amazonas mesmo, para poder tirar conclusões sôbre certas partes do vasto território. Pois trata-se alí de águas mistas que se juntaram vindo de zonas geológico-mineralógicamente muito diferentes e de climas extremamente variados: dos altos Andes frios, dos maciços das Guianas e do Brasil Central que são relativamente sêcos e cobertos de campo e de cerrado, e da floresta úmida da bacia amazônica mesma.

Para encontrar relações claras e nítidas para com certas partes da região é necessário estudar as águas das fontes e dos pequenos igarapés; pois nelas expressam-se as condições reinantes somente nas cabeceiras mesmas, localmente limitadas e internamente, em geral, uniformes.

Trataremos, primeiro, dos igarapés que vêm da terra firme, coberta de floresta, da baixa Amazônia na extensão em que esta terra firme pertence à zona geológica do Terciário, da chamada „série das barreiras", e a qual consiste dos sedimentos do lago

interno amazônico de água doce da época do Plioceno até Pleistoceno (ver mapa geológico, Fig. 2). É uma região mais ou menos plana que se estende de acima de Manáus até ± 100 km ao leste de Belém, num comprimento de mais de 1 500 km, e numa largura variável entre 140 e ± 500 km. Ela é coberta de floresta alta, com somento poucas excepções locais onde ocorrem alguns „campos", naturais ou artificiais, ou onde a mata foi derrubada para ceder lugar a plantações e subsequentes capoeiras.

Em tôda esta região, os igarapés mostram um pH muito baixo, de ± 4,4 até 5,5, e uma pobreza tão surpreendentemente grande em sais dissolvidos (Ver tabela nº 1, coluna 1) que estas águas podem ser melhor comparadas com água destilada um pouca impura! (cf. Sioli 1956a; Fittkau 1964).

Este resultado é intimamente ligado à qualidade dos sedimentos terciários que deram origem ao solo e que constituem o subsolo daquela região. O material destes sedimentos é constituido por argilas e areias que tiveram origem nos maciços antiquíssimos das Guianas e do Brasil Central, consistindo principalmente de granitos, e cuja decomposição não pode fornecer muitos sais solúveis e cujas camadas superiores são extremamente lavadas e extraidas pelas chuvas do clima úmido no decorrer de centenas ou milhares de anos.

É a pobreza do solo em sais solúveis — entre êles, substâncias nutritivas para a vegetação — e do subsolo em reservas destas substâncias que se expressa na pobreza química das águas e no baixo pH das mesmas. O pH baixo é o resultado da escassês em substâncias de tampão — consistentes, em águas naturais, em geral do sistema bicarbonatos/ácido carbônico — de maneira que o ácido carbônico livre, produzido pelo solo sob condições climáticas tropicais em grande quantidade, pode agir sem impedimento sôbre a concentração de iônios de hidrogênio.

Pode-se mencionar aqui, que em vez de bicarbonatos de cálcio e magnésio que predominam na maioria de águas doces no mundo, as águas desta zona geológica como também as da região do arqueano (cf. Tabela nº 1, coluna 2), contêm quantidades relativamente maiores de álcalis ($Na^{\cdot}$ e $K^{\cdot}$) como catiônios, e silicato como aniônio.

O que significa este resultado, agora, para a ecologia da floresta virgem da região e também para fins práticos, quer dizer, para uma eventual tentativa de agricultura naquela terra firme?

O exame químico das águas desta região não deixa dúvida nenhuma que os solos nesta zona geológica devem ser considerados como inférteis. Não existem nêles reservas de substâncias inorgânicas nutritivas disponíveis a plantas a serem cultivadas e colhidas. As substâncias nutritivas presentes se acham em constante circulação pela vegetação florestal viva; o que é libertado dela pela queda de fôlhas mortas ou pela morte de algumas árvores, fica absorvido outra vêz pela vegetação crescente e em tempo reduzidíssimo, e não armazenado no solo para espaços de tempo mais longos. A floresta não vive do solo mas somente em cima do solo, usando o mesmo quase somente como substrato, como base de apoio mecânico, em vez de servindo-se dêle como fonte de nutrição. (Sioli 1957 a).

Quando a floresta original é derrubada e queimada, os sais contidos nela ficam livres de uma vez com a cinza. Agora, êles podem ser aproveitados logo por uma plantação artificial, porém somente parcialmente. É conhecido que as pequenas roças e plantações

dos nativos dão resultado somente durante 1 a 2, no máximo 3 anos. Nêste tempo, os sais provenientes da floresta virgem queimada são, em parte, consumidos pelas plantas das culturas, em outra parte, porém, lavados pelas chuvas através do solo, geralmente poroso, para dentro do subsolo do qual êles saem com as águas das fontes, sendo conduzidos então pelos igarapés e rios até, finalmente, ao mar, de maneira que são perdidos para a terra. Em parte, as chuvas carregam também os sais das cinzas diretamente da superfície terrestre para dentro das águas correntes.

Como êste processo da perda dos sais das cinzas, que contêm quase as únicas substâncias nutritivas para as plantas das culturas sob estas condições, pode ser rápido, foi observado uma vez perto do rio Arapiuns, na região do Terciário, série das barreiras, ao oeste do baixo Rio Tapajós. Em tôda aquela região, o quimismo dos igarapés era muito uniforme, variando p. e. o pH somente entre 4,4 e 4,7, e não existindo, p. e., bicarbonatos nem em traços naquelas águas. Um único igarapé, porém, mostrava surpreendentemente um pH um pouco mais alto, de 4,9, e um teôr em bicarbonatos correspondente a 1,8 mg HCO_3'/litro. No declive do pequeno vale daquele igarapé, um pouco acima do lugar do exame, fazia poucos dias havia sido queimada uma roça, e no dia anterior ao exame havia finamente chovido durante quase o dia inteiro. Estas circunstâncias bastaram para alterar o quimismo daquele igarapé — e isto a custa dos sais das cinzas, entre êles os nutritivos para a planejada plantação! Como uma agricultura altera o aspecto dêste tipo de terra firme é demonstrado por duas fotografias da Zona Bragantina no Estado do Pará (Fotos n$^{\underline{os}}$ 1 e 2). (Cf. também CAMARGO 1949).

Falámos, agora, sôbre a pobreza geral em sais dissolvidos nos igarapés da região do Terciário, do Baixo Amazonas. Mas isto não significa que todos os sais existam em quantidades igualmente mínimas. Pois em fontes e pequenos córregos achamos, por exemplo, muitas vêzes quantidades relativamente grandes de nitratos, até ± 200 γ $N(NO_3')$/litro. Êstes nitratos, aliás, diminuem ou mesmo desaparecem nestas águas rápidamente, em pouco tempo e em curtos trechos dos cursos, por processos biológicos nas águas mesmas, p. e. pela rápida absorção por plantas aquáticas. Os nitratos, agora, não são provenientes de eventuais reservas do solo, mas êles somente se formam alí do nitrogênio do ar ou das proteínas do detrito florestal pela atividade microbiótica, muito intensiva no clima quente e úmido tropical. Deve-se concluir, então, que numa eventual utilização agrícola de tais solos pelo menos muitas vezes não será o teôr em nitratos que tem que ser considerado como fatôr limitante para a produção. Êste fatôr consiste mais provavelmente nos teores mínimos em fosfatos, enquanto que o potássio, apesar de os seus valores absolutos serem muito pequenos, também não parece pertencer às substâncias que de fato limitam a produtividade por causa de relativa escassês (vêr Tabela n$^{\underline{o}}$ 1); eventuais ensaios de adubação deviam considerar e apurar esta probabilidade.

	Águas correntes, provenientes das regiões geológicas do:		
	Terciário ,,série das barreiras"	Arqueano	Carbonífero
pH	4.2 —5.5	4.0 —6.6	5.2 —7.8
HCO_3' mval/l	0.00 —0.04	0—0.174	0.026—6.311
Ca·· mg/l	0— ± 5	0—18.4	2.6—204
Mg·· mg/l	0—0.38	0—5.6	—
Na· mg/l	0.847—2.530	0.245—2.060	—
K· mg/l	0.534—1.52	0.143—1.000	—
Li· mg/l	—	0—0.160	—
Fe·· + Fe··· γ/l	0—143	0—250	0—1200
Mn·· γ/l	0—82	0—212	0—160
Al··· γ/l	0—488	0—314	0
Cl' mg/l	0—3.5	0—2.5	0—16.5
SO_4'' mg/l	0.000—0.480	0—2.690	0—556.7
P (PO_4''') γ/l	0—50.2	0—110	0—42
N (NO_3') γ/l	0— ± 200	0— ± 150	0× ± 550
N (Kjeldahl) γ/l	138—724	0—2620	—
Si diss. mg/l	± 0.5—4.5	0.502—6.650	1.5—22.4

Tabela n$^{\underline{o}}$ 1: Composição química de águas correntes, provenientes das principais zonas geológicas da Baixa Amazônia

(seg. SIOLI 1956a, 1956b, 1963 e dados não publicados do autor)

Também sulfatos são práticamente ausentes nestas águas da terra firme do Terciário do Baixo Amazonas. O fato é interessante porque a mesma escassêz em sulfatos foi assinalada também em certas partes da África onde se recomendou, então, de considerar esta falta em ensaios de adubação para verificar se ela era de importância também para o crescimento de plantas na agricultura. (BEAUCHAMP 1953).

As mesmas condições quimicamente pobres e mais ou menos a mesma acidez encontramos também nas águas das regiões dos granitos e gneisses do arqueano (Tabela n$^{\underline{o}}$ 1, coluna 2) que formam a base dos blocos das Guianas (Foto n$^{\underline{o}}$ 3), p. e. nas águas das regiões do alto Rio Negro (SIOLI 1956b) e dos Campos Gerais do Rio Branco (zona de Bôa Vista do Rio Branco), e do Brasil Central, como igualmente nas águas da zona dos arenitos do Cretáceo(?) do alto Rio Tapajós com o Rio Cururú.

Em tôdas estas regiões, pois, não se devem esperar solos férteis para uma agricultura, a não ser em certas exceções locais e de pequeno tamanho, como por exemplo nas manchas das terras pretas, provavelmente antropogênicas, que ocorrem em certos lugares, especialmente nas bordas da terra firme ao longo dos vales dos grandes rios. As qualidades destas ,,terras pretas" porém, por causa das suas reduzidas extensões e pequenas espessuras, não se refletem nos quimismos de alguns igarapés ou fontes.

Afastando-nos, agora, do Baixo Amazonas em direção norte ou sul e entrando nas faixas do Carbonífero que ali limitam a baixada amazônica, colmatada pelos sedimentos do lago amazônico do Terciário, de repente encontramos nos igarapés condições químicas completamente diferentes (Sioli 1963). A mesma coisa vale também para a „Formação Pirabas", de sedimentos marinhos da época do Mioceno, ao leste de Belém — Pará, na chamada Zona Bragantina. (Sioli 1957b).

Em vêz de águas muito ácidas e extremamente pobres em sais dissolvidos como se observaram na região da Série das Barreiras etc., encontramos águas bem heterogêneas, em geral mais ou menos neutras e de teôres variáveis em sais. O pH de uma água natural não é uma qualidade independente da mesma, mas é condicionado pelo teôr em outras substâncias, especialmente pela quantidade em bicarbonatos, em proporção ao ácido carbônico livre; aos bicarbonatos pertencem, como catiônios, geralmente $Ca^{··}$ e $Mg^{··}$, que de sua vêz determinam o grau de „dureza" da água.

As faixas do Carbonífero da baixa Amazônia consistem de sedimentos marinhos daquele período do Paleozóico, no qual a grande depressão amazônica ainda era um largo golfo de mar, aberto para o oeste, para o Pacífico. Conhecem-se nelas frequentes depósitos de calcáreo de diferentes espessuras, como também um depósito de gipsita no Rio Cuparí. Existem, porém, também xistos, arenitos, argilas coloridas e estratificadas, e estas zonas quase sempre levemente onduladas são, além disso, localmente sobrepostas ainda pelos sedimentos de água doce da série das barreiras. E mais ainda, justamente nessas zonas marginais da depressão amazônica encontram se frequentemente erupções de diabásio, ocorridas provavelmente no Rético e que perfuraram as camadas paleozóicas em forma de chaminés; na superfície elas aparecem como „ilhas" de diabásio, formando, por exemplo, a maioría das cachoeiras do Rio Cuparí (Foto nº 1).

O diabásio, pela decomposição, produz solos vermelhos, semelhantes à famosa terra rôxa do sul do Brasil, que possuem a fama de uma fertilidade especial.

A uma tal heterogeneidade da base geológico-mineralógica nas faixas do Carbonífero da baixa Amazônia que forma um forte contraste à monotonia das regiões do Terciário, corresponde a diversidade dos encontrados pequenos corpos d'água nos seus quimismos. Achamos, raramente, águas ácidas, pobres em sais, correspondentes à sua origem dos sedimentos superficiais da „série das barreiras", e em geral águas mais ou menos neutras e mais ricas em sais, que nascem nas zonas dos depósitos de calcáreo e das terras rôxas de diabásio. A riqueza em sais pode aumentar tanto, em algumas águas, que a água recebe um paladar desagradável, que ela pode ter até um efeito purgativo, que o sabão não produz espuma, etc., de maneira que os moradores deram a algumas águas daquelas zonas nomes como: Lago Salgado, Igarapé Salgadinho, etc.

A Tabela nº 1, coluna 3, mostra a composição química de algumas águas das faixas do Carbonífero. Também um teôr superior, em parte até bem alto, em sulfatos podia ser constatado em certos igarapés destas zonas. Em alguns igarapés do sistema fluvial do Rio Cuparí constataram-se até $\pm$ 78 mg/l SO_4". Na literatura (Katzer 1903) relata-se uma fonte de sal amargo no igarapé Tucandira no sistema do pequeno Rio Branco de Óbidos; e em conjunto com o meu colega e amigo Dr. Rudolf Braun encontrei perto do Lago Salgado, ao norte de Oriximiná, um igarapé com um teôr em sulfatos de 557 mg/l SO_4", e esta quantidade mesmo durante a estação chuvosa na qual as águas dos igarapés são „diluídas", nos seus teôres em sais, pelas quantidades das chuvas.

A prova de tais águas mais ou menos neutras e ricas em sais é de importância especial na Amazônia porque são um sinal seguro de que se encontram, no solo e no subsolo, substâncias diferentes das dos sedimentos conhecidamente pobres da „série de barreiras".

E isto têm significação para um eventual e futuro aproveitamento, agrícola racional da terra firme. Já nas tentativas atuais ou passadas de uma utilização empírica das terras da Amazônia, seja pelas pequenas roças dos nativos, seja pelas chamadas Colônias Agrícolas, de imigrantes nordestinos, perto de Santarém, de Alenquer, de Monte Alegre etc., as faixas do Carbonífero conquistaram uma fama de fertilidade maior.

Mesmo sem análises de solos — as quais, por isso, naturalmente não devem ser desprezadas — apenas os simples exames químicos das águas já indicam uma razão para esta maior fertilidade, demonstrando as regiões nas quais, pela decomposição do baseamento mineral, se libertam substâncias que podem estar à disposição do revestimento vegetal do solo como reservas de alimentação. No futuro, pois, os exames químicos de águas podem ser aproveitados também para indicar, em regiões ainda desconhecidas e inexploradas, quais os lugares nos quais, ao contrário das zonas da série das Barreiras etc., uma agricultura a ser iniciada na terra firme amazônica não precisa ser considerada de antemão como não racional ou inútil. Muitos fracassos, calamidades, destruição insensata da floresta e trabalhos vãos já podiam ser evitados com êles.

Já se mencionou que águas mais ou menos neutras ou mais ricas em cálcio se constataram, além das faixas do Carbonífero da baixa Amazônia, também numa parte da Zona Bragantina, ao leste de Belém — Pará, na zona da „Formação Pirabas", do Mioceno, que consiste em depósitos marinhos litorais com camadas de calcáreo de pequena grossura que se encontram em alguns lugares. Sendo que o calcáreo desta zona geológica fôra constatado, pelos geólogos, somente em alguns lugares de maneira que a extensão da „Formação Pirabas" ainda foi desconhecida, especialmente em direção ao sul, fizera-se a tentativa de limitar esta região geológica por meio dos valores de pH dos igarapés (Sioli 1957b). Um tal método aqui parecia lícito, pois em toda a vizinhança, próxima como distante, não se conhecia nenhuma ocorrência de calcáreo ou de outro mineral que podia dar às águas um pH semelhante ao das águas da „Formação Pirabas".

Calcáreo, como se sabe, representa uma raridade em toda a Amazônia, comparando as extensões das áreas da faixa do Carbonífero da baixa Amazônia e da Formação Pirabas com as de tôdas as outras partes, livres de calcáreo. Pela sua raridade, porém, o calcáreo na Amazônia pode ganhar uma certa importância prática não somente para a fabricação de cal ou até de cimento para construções, mas da mesma forma para a neutralização dos solos geralmente muito ácidos da terra firme amazônica, para fins agrícolas. Uma consequência dos resultados „mineralógicos" das investigações limnológicas sôbre a região da Formação Pirabas, aliás, foi a construção de uma moderna fábrica de cimento naquela área.

Pesquisas químicas nas águas podem, sob certas condições, dar não somente um primeiro aviso sôbre ocorrências de calcáreo e a qualidade do solo que deve ser esperada para um eventual aproveitamento agrícola, mas também sôbre a existência de certos minérios procurados. Como exemplo, seja lembrado, aquí, somente no manganês que agora é de suma importância no Território Federal do Amapá.

Manganês é muito raro nas águas amazônicas sendo geralmente ausente ou ocorrendo somente em quantidades muito diminutas. Encontrei-o em quantidades apreciáveis primeiramente no sistema fluvial do Cuparí, em três igarapés (Sioli 1949). No Rio Cuparí mesmo, as pedras do leito do rio são cobertas por uma crosta preta superficial que a análise química prova consistir de manganês. Jamais vi um outro rio na Amazônia

no qual todas as pedras mostravam tais capas pretas de tanta espessura (as regiões de manganês do Território Federal do Amapá como outras zonas igualmente manganíferas, até agora, ainda não foram por mim visitadas). Deve-se concluir, então, que na área do sistema fluvial do Rio Cuparí existem ocorrências de manganês; uma indicação de Le Cointe (1945, p. 296) sôbre ocorrência de manganês perto de Miritituba no Rio Tapajós, ao oeste do alto Rio Cuparí, confirma tal suposição. Sôbre a qualidade e a possibilidade de extração, as análises das águas naturalmente não podem fornecer dados.

Falamos já sôbre o que as análises químicas dos igarapés e de fontes podem indicar quanto à „fertilidade" dos solos, quer dizer às reservas em substâncias nutritivas para o crescimento de plantas, nas zonas de cabeceiras, e vizinhas, respectivamente, o que não ajuda somente na compreensão da ecologia da floresta virgem da Amazônia mas que é de valor, também, sob o ponto de vista prático duma eventual agricultura.

E uma determinação quantitativa de todos os sais que são eliminados, por um sistema fluvial, no decorrer de um ano (menos a quantidade contida nas chuvas anuais) revela a quantidade de reservas em tais substâncias que é liberada dos solos e do subsolo em tôda a região de cabeceiras do sistema potâmico examinado, observada a condição que a região é coberta de uma vegetação climax, sem interferência humana. Ganha-se, dêste modo, uma idéia da economia material, do „balanço", de uma paisagem natural inteira.

Pesquisas sôbre o quimismo duma água, entretanto, permitem não somente conclusões sôbre os teôres e as reservas de substâncias nutritivas existentes nos solos, mas também sôbre os processos específicos que nêles ocorrem (Sioli e Klinge 1962; Klinge and Ohle 1964).

Em todos os igarapés de água cristalina na região amazônica, constatava-se ausência de alumínio. Êste fato corresponde exatamente a tais processos no solo que correm em direção a latosolos.

Em pesquisas de „águas pretas" amazônicas, realizadas para o esclarecimento dos problemas de formação dêste tipo de águas, caraterísticas para certas áreas nos trópicos, e que são de uma côr marron até marron-avermelhada, encontravam-se, no sistema fluvial do Rio Arapiuns e do alto Rio Negro, surpreendemente, certas quantidades, pequenas mas nítidamente indicadas, de alumínio nas águas. Êste resultado de análise significa que nos solos destas regiões os processos vão numa direção completamente diferente daquela que conduz a latosolos, processos êstes que, até então, eram pouco conhecidos das regiões tropicais. Água „preta", também, nunca vem de solos avermelhados, mas de areias descoradas, esbranquiçadas, e êstes solos agora devem ser compreendidos como verdadeiros podzols tropicais (Sioli 1954, Sioli e Klinge 1962, Klinge 1965).

O problema, porque, nas regiões de águas pretas, a evolução dos solos vai para podzol e não para latosolos, ainda não podia ser solucionado. Evidentemente, as ocorrências de areias esbranquiçadas, na Amazônia, são ligadas a certas condições geomorfológicas; e o quimismo daquelas areias (teôr alto em sílica e relativa escassês de outros minerais e, consequentemente, a ausência de cationios dos álcalis terrosos), bem como o regimen da água freática das mesmas — dois fatores dos quais dependem também os processos microbióticos que decorrem no solo — parecem determinar que o detrito da cobertura vegetal não é logo oxidado quase por completo, como é o caso nos latosolos marrons dos quais provêm as águas cristalinas, mas pouco alterado. Êste produto pouco alterado do detrito vegetal, acumulado, em quantidades não muito grandes, na superfície da terra como „humus crú", é uma fonte das substâncias coloridas. Uma parte destas é transportada através do solo até numa certa profundidade na qual é precipitada, formando um horizonte B_h., as vezes bem compacto. Uma outra parte, então, permanece em dissolução ou é novamente dissolvida na água subterrânea a qual, desta maneira, recebe a côr marron e aparece nas fontes e nos igarapés e rios como „água preta".

Seja mencionado ao lado que as áreas de solos marrons (latosolos), na Amazônia, suportam geralmente floresta alta, enquanto que nas zonas de areias brancas, de podzols, cresce um outro tipo de floresta, mais aberto e raquítico e de altura variável conforme o nivel da água freática, chamado „caatinga", no alto Rio Negro e em partes do Rio Solimões, ou „campina", nas vizinhanças de Manáus. O estudo das águas, desta forma, nos conduziu à constatação de nexos, na natureza amazônica, que se repetem em tôda parte da hiléia: onde encontramos floresta alta, ela se acha em cima de solos marrons (latosolos), e as águas da região são claras, cristalinas; onde a vegetação consiste de caatinga ou campina ou de um outro tipo semelhante, o solo é de areia esbranquiçada, que representa um podzol, e a água que drena aquelas áreas é colorida de marron, é „água preta".

Um outro capítulo interessante no estudo das águas amazônicas consiste em pesquisas sôbre a sedimentação (Sioli 1957c). É bem conhecido que temos, na Amazônia, três tipos bem diferentes de rios: rios de água branca (ou água barrenta), rios de água transparente, clara, e rios de água „preta", marron.

Êstes tipos de rios são expressões da topografia das regiões das cabeceiras dos mesmos. Rios de água barrenta, como o Solimões ou o Madeira vêm de zonas mais ou menos montanhosas, quase sempre dos contrafortes dos Andes. Os grandes rios de água clara vêm de paisagens com relêvo mais calmo, assim, por exemplo o Tapajós e o Xingú do antigo e aplanado maciço central brasileiro. E rios de água preta, como o Rio Negro, têm a sua origem em zonas baixas e planas e de um tipo de solo especial (podzol), e muitas vezes possuem, ao longo dos seus cursos, formações de igapós.

Da turvação e da côr de uma água podemos, pois, já concluir sôbre a forma de terreno na região das cabeceiras, pois esta, pelo menos parcialmente, determina a intensidade da erosão do solo que fornece aos rios a maior ou menor quantidade de partículas em suspensão.

Valor prático, agora, possuem as partículas em suspensão, trazidos pelos rios de água branca, tanto na sua quantidade como na sua qualidade quando, pela sedimentação, formam no leito maior do rio uma planície de inundação, uma várzea, como no Amazonas, no Rio Madeira, etc. Anualmente êstes rios alagam a sola dos seus talvegues e depositam nela uma camada nova de solo aluvial.

As várzeas dos rios de água branca são conhecidas como as terras mais férteis de tôda a Amazônia, mesmo tendo a desvantagem de somente poderem ser usadas para culturas de verão. A fertilidade do solo da várzea se deve ao fato de que as aluviões dos rios de água branca provêm no último fim da decomposição recente das variadas rochas dos Andes que sempre liberta delas novas reservas de substâncias nutritivas para as plantas. Ela depende dêste modo da qualidade do solo, erodido e levado pela água, nas cabeceiras e nos cursos superiores dos rios. Se êste consiste de material de decomposição recente de rochas ricas em substâncias nutritivas para as plantas, então o solo da várzea tem que ser fértil também. É êste o caso das várzeas do Solimões, Amazonas, Madeira, etc.

Os produtos da decomposição das rochas andinas foram e/ou estão sendo depositados primeiramente na enorme planície aluvial que começa aos pés dos Andes e que se estende ao leste numa largura de algumas centenas de quilômetros, enchendo a parte

ocidental da Alta Amazônia. Alí, não existe aquela diferença entre as várzeas férteis dos rios e uma terra firma extremamente pobre como é o caso ao longo do Baixo Amazonas. Segundo a opinião de FITTKAU o qual se ocupa com o estabelecimento duma subdivisão ecológica de tôda a região amazônica (comunicação verbal), representam as vázeas citadas, desta forma, um prolongamento da faixa subandina — com as suas condições de nutrimentos para a vegetação determinada pelo material edáfico fornecido pelos „bedrocks" dos Andes — um apêndice dela que penetra através de tôda a Baixa Amazônia até à costa do Atlântico, a qual êle acompanha ainda numa grande extensão até à Guiana Francesa.

Também os rios de água clara (e de água preta) trazem certas quantidades, mesmo que pequenas, de partículas em suspensão que êles depositam em alguns trechos dos seus cursos, formando várzeas em escala menor.

Mas estas várzeas não são tão férteis como as várzeas dos rios de água branca. Mesmo sem conhecer análises de solos das diversas várzeas, uma simples comparação da vegetação já é elucidativa (Fotos n°s 5, 6 e 7).

A explicação para esta nítida diferença na fertilidade se acha nos solos das cabeceiras. Os rios de água branca vêm de solos recentes dos Andes, os rios de água clara, como o Tapajós, dos solos antiquíssimos do Brasil Central, e os rios de água preta de solos completamente lavados e extraídos, de areias esbranquiçadas, que se desenvolveram em direção a podzols.

Muito interessante é também o paralelismo que deparamos agora entre o quimismo de um rio e a fertilidade da sua várzea, expresso provisóriamente apenas pelo aspecto da vegetação natural. As fotografias destas diferentes vegetações sejam pois, completadas por uma tabela dos quimismos dos respectivos rios, de água branca (Amazonas), água clara (Tapajós) e água preta (Rio Maró) (Tabela n° 2).

	Amazonas	Rio Tapajós	Rio Maró (sistema fluvial do Rio Arapiuns)
pH	6.5 —6.9	6.4 —6.65	4.4
HCO'_3 mval/l	0.20—0.39	0.07—0.12	0
$Ca^{\cdot\cdot}$ mg/l	4.6 —9.0	2.2 —5.9	0.6—3.2

Tabela n° 2: Algumas caraterísticas químicas das águas de diferentes típos de rios

Até agora nos ocupamos com o lado inorgânico, com as condições hidroquímicas nas águas amazônicas, e estabelecemos relações entre estas e o ambiente terrestre, quer dizer, com os solos e subsolos. Porém a Limnologia possue igualmente um aspecto biológico, e pesquisas hidrobiológicas podem igualmente ser de idêntico valor teórico e prático.

Tratamos das partículas em suspensão e da côr das águas, e das relações destas propriedades com o ambiente terrestre dos rios com as regiões das suas cabeceiras e das suas várzeas.

Mas as partículas em suspensão e a côr das águas têm também efeitos biológicos nas águas mesmas, quer dizer, sôbre a produtividade biológica delas, sôbre a produção de matéria orgânica num côrpo d'água que o homem afinal pode aproveitar na forma de peixes.

Na Fig. 1 já temos visto que a produção de matéria orgânica num corpo d'água — da mesma forma que num biótopo terrestre — inicia-se com a atividade fotossintética por plantas verdes, pelo fitoplancton como por plantas aquáticas flutuantes na superfície (como diveras gramíneas, *Eichhornia* spp., *Pistia* sp., *Azolla* spp. etc.) e pelas plantas submersas, enraizadas no chão do lago ou do rio. Além de quantidades suficientes de certos sais minerais e de gás carbônico, todas estas plantas necessitam da energia solar para poder transformar o gás carbônico, etc., em substâncias orgânicas.

A luz solar, porém, somente penetra na água até certas profundidades: somente até alí, pois, é possivel um crescimento autotrófico de plantas. A camada superior da água, iluminada pelos raios solares e habitada por plantas verdes, é, pois, designada „camada trofogênica". Somente nela ocorre a produção de matéria viva, orgânica, partindo de substâncias inorgânicas como gás carbônico e certos sais, enquanto que as zonas mais profundas e escuras nas águas representam „biótopos dependentes" cujos habitantes — animais, saprófitos, bactérias — dependem das substâncias orgânicas produzidas na camada trofogênica para a sua alimentação.

Entre outras condições iguais, um corpo d'água produzirá então tanto mais substâncias orgânicas, quanto mais espêssa é a sua camada trofogênica. E a espessura dela é dependente da qualidade d'água, quer dizer, dos fatores que determinam até que profundidade ela deixa penetrar a luz solar. Êstes fatores que agem sôbre a maior ou menor penetração de luz, são a turvação (provocada pelo maior ou menor número de partículas em suspensão por unidade de volume de água) e a côr da água. Turvação forte, como p. e. nas barrentas águas „brancas", permite somente uma camada trofogênica muita fina, pois a luz fica completamente absorvida a pouca distância da superfície; pouco abaixo dela já começa a zona de escuridão na qual não é possivel uma vida autotrófica de plantas.

Em águas claras, porém, nas quais os raios solares penetram mais profundamente, a camada trofogênica é mais espêssa, conforme a menor turvação da água, e, pois, a quantidade de substâncias orgânicas, produzida por unidade de superfície do corpo d'água, será bem maior do que em águas turvas.

Da mesma maneira, a coloração da água tem influência pronunciada sôbre a espessura da camada trofogênica. Nem todos os raios solares são aproveitados na fotossíntese, mas somente frações com certos comprimentos de onda. A coloração da água age, aí, como um filtro seletivo de luz, permeável para certos comprimentos de onda enquanto outros são absorvidos mais ou menos rápidamente.

O problema da produtividade dos corpos d'água pode parecer como de interêsse somente teórico. Mas da produção de matéria vegetal — que é, como já temos visto, o ponto de partida para a vida inteira — alimentam-se direta ou indiretamente os animais aquáticos, entre êles os peixes com a sua importância para a alimentação humana. Para cobrir a necessidade de proteínas e gorduras, a humanidade crescente deverá aproveitar mais ainda a produção destas substâncias nas águas, tanto do mar como da água dôce. De um lado, a pesca tem que ser sempre mais intensificada, e de outro lado

estão sendo feitas já, na Europa e na América do Norte, experimentos para a produção em massa de proteínas e gorduras por culturas e subsequente extração de algas de água dôce.

Na região amazônica estão ainda a disposição enormes áreas de água dôce cuja utilização racional não foi nem iniciada em nenhuma parte. Nem se conhecem ainda as condições de produção das mesmas. Mas também as possibilidades aqui existentes terão que ser desenvolvidas no futuro. Para êste fim, porém, é, em primeiro lugar, necessário elaborar uma supervisão sôbre as capacidades de produção existentes sob as condições naturais atuais. Precisam-se fazer, não somente determinações das quantidades presentes de substâncias químicas mínimas, quer dizer, que são limitantes para a produção de matéria vegetal, como nitratos, fosfatos, potássio, etc. e provavelmente, também de elementos oligodinâmicos que parecem exercer um papel importante em certas partes da Amazônia, mas também devem ser executadas medições da penetração da radiação solar nas águas amazônicas, também com métodos espectroscópicos por causa da coloração de certas águas, principalmente das águas „pretas", de evidente pobreza extrema em vida, para ganhar uma idéia das espessuras das camadas trofogênicas.

Tais medições podem servir de indicação dos parâmetros aos quais determinações posteriores e diretas da produtividade (da produção primária p. e. pelo método do carbono radioativo), dos diversos tipos de corpos d'água na Amazônia serão relacionadas.

No ano de 1964, o International Council of Scientific Unions (ICSU) iniciou um International Biological Programme (IBP) intitulado „A Base Biológica de Produtividade e Bem-estar Humano", com o alvo de garantir um estudo, no mundo inteiro, sôbre

(1) produção orgânica na terra, nas águas doces e nos mares, e as potencialidades e usos de recursos naturais novos como também existentes, e

(2) adaptabilidade humana às condições cambiantes.

Se vê, neste programa, a importância que uma organisação da significativa e do renome do ICSU atribue à „produtividade biológica". Por isso, na parte do IBP que tratará das águas da Amazônia, a determinação da produção primária das mesmas ocupará o primeiro lugar.

Medições da penetração da luz solar, feitas em 1959, no Rio Solimões e no Rio Madeira, nos dois rios mais típicos de água branca no sistema do Amazonas, deram o seguinte resultado:

No Solimões, com uma transparência (visibilidade da placa de SECCHI) de 0,25 m, foi numa profundidade de 1 m que 99% da luz solar foram absorvidos. E no Rio Madeira, que possuia, naquele tempo, uma transparência de somente 0,10 m a mesma porcentagem de luz foi absorvida já em ± 30 cm de profundidade (dados ainda não publicados do autor).

Desta forma, tais rios „brancos" tropicais representam espaços quase que totalmente escuros dentro dos quais uma vida vegetal e, com ela, uma produção primária de matéria vegetal são práticamente nulas. A fonte da matéria orgânica da qual parte a cadeia de alimentação para os animais aquáticos que apesar disso habitam estes rios em grande número, deve ser procurada em outros lugares e não na massa d'água do rio mesmo que é sem luz. Ela se acha ou na vegetação marginal dos cursos d'água e nas florestas alagáveis que fornecem frutas, folhas etc., aproveitadas por certos animais, ou nos tapetes de plantas flutuantes que geralmente abrigam, entre as suas raizes, uma fauna bem variada, ou também nas lagôas marginais das várzeas. Estas lagôas das

várzeas possuem, na sua maior extensão, água clara, transparente, proveniente em parte de decantação das partículas em suspensão, contidas na água branca dos rios quando esta, com a enchente, transborda do leito fluvial e entra naquelas lagôas, alí ficando estagnada; em parte também esta água clara das lagôas, desce da terra firme situada atrás das lagôas. A água clara e transparente das lagôas, deixa agora penetrar a luz até maiores profundidades e oferece, pois, pela maior espessura duma camada trofogênica, possibilidades favoráveis para o desenvolvimento de uma massa maior de plantas aquáticas superiores e de fitoplancton o qual, com a vasante, é levado para dentro da água corrente do rio mesmo. As lagôas marginais, de várzea, dos rios de água branca, agem desta forma como produtores quase únicos de alimentação para todos os consumidores de fitoplancton.

Já foi dito que a produtividade de uma água naturalmente não depende somente da espessura da sua camada trofogênica, mas também do seu teôr em sais minerais nutritivos para as plantas. É interessante observar que na Amazônia, em geral, as águas barrentas são mais ricas em sais minerais do que as águas claras, límpidas (cf. Tabela nº 2). Existe, pos, uma — por assim dizer — reciprocidade entre o dois fatores que agem sôbre a produtividade: quanto maior o teôr em sais nutritivos, tanto mais fina é a camada trofogênica. Naturalmente, não existe uma relação causal que seria teóricamente necessária para esta reciprocidade, e as águas das faixas do carbonífero são uma prova disso; trata-se somente de um fato de observação que tem as mesmas razões como as têm as relações entre o quimismo de alguns rios e a fertilidade das várzeas correspondentes. Porém, é interessante uma reflexão sôbre as consequências desta relação entre quimismo e camada trofogênica na Amazônia. Trataremos de um exemplo:

O Instituto Agronômico do Norte, conforme os planos do seu antigo Diretor, Dr. FELISBERTO C. DE CAMARGO, há 15 anos que estava construindo, na sua sub-estação experimental do Maycurú, na várzea do Baixo Amazonas no Município de Monte Alegre, uma série de canais artificiais que ligam o Amazonas com os grandes lagos de várzea daquela região (Foto nº 8). A idéia desta grande obra é a de conduzir um maior volume de água barrenta do Amazonas para dentro das bacias rasas daqueles lagos, onde a água barrenta, então, chega à estagnação e deposita as suas partículas suspensas. O alvo, pois, é de ganhar terreno fértil de várzea pela colmatagem dos grandes lagos. O processo ocorre alí também já na natureza por meio de alguns pequenos furos naturais de maneira que os canais artificiais somente aceleram o processo de colmatagem natural, para conseguir em anos o que em estado natural demoraria talvez séculos.

Agora, os lagos da várzea são muito aproveitados para a pesca, especialmente a pesca do peixe mais importante na Amazônia, o pirarucú. Levanta-se pois, o problema se o aumento da introdução de água barrenta naqueles lagos não age desfavoràvelmente sôbre a produtividade dêles, permitindo a água barrenta somente uma camada trofogênica mais fina. Estudos in loco sôbre êste problema não foram feitos, mas é fácilmenet imaginável o que acontece, pelo menos qualitativamente.

Certamente uma área bastante maior da superfície do lago será ocupada agora por água barrenta, na qual a produção de fitoplancton diminuirá consideravelmente, até que, numa certa distância das bôcas dos canais, a água barrenta se tornará sempre mais límpida em consequência de relativa estagnação e decantação.

Mas a água barrenta do Amazonas não conduz para dentro de lago somente as partículas suspensas que causam a turvação com o seu efeito sôbre a camada trofogênica. Ela traz também sais minerais, nutritivos, em maior proporção do que existia na água límpida original do lago, de origem da terra firme, conhecidamente pobre, do Terciário.

O efeito desfavorável da turvação da água do lago pela introdução de água barrenta do Amazonas será equilibrado, então, pelo efeito duma adubação da água do lago com os sais contidos nesta mesma água do Amazonas. Pois, quando a água barrenta se clareia pela estagnação e decantação e perde as suas partículas suspensas, os sais permanecem em solução e se espalham com a água decantada, sôbre uma área muito maior do que aquela prejudicada, na produtividade, pela turvação introduzida.

Sendo o efeito desfavorável da turvação numa certa zona, em relação à produtividade do lago inteiro, já contrabalançado pela adubação de uma zona maior do lago, esta influência benéfica é aumentada ainda por uma peculiaridade dos corpos d'água dos trópicos. Quero me referir às faixas ou até zonas inteiras de plantas flutuantes sôbre a superfície da água (Fig. 18) como as espécies de *Eichhornia*, de *Pistia*, de *Azolla*, de *Salvinia*, etc. e, especialmente também, algumas gramíneas (*Panicum* spp., *Paspalum* spp., etc.) (Foto nº 9), que com suas raízes penduradas livremente na água, aproveitam os sais dissolvidos como se fôssem plantas cultivadas pelos métodos modernos em soluções nutritivas. As suas fôlhas, porém, se acham acima da água, podendo desta maneira utilizar a luz solar para os seus processos de fotossíntese sem serem êstes prejudicados de modo algum pela turvação da água, seja ela intensa como fôr. Comparações com diversas águas amazônicas demonstram, ainda, que estas plantas flutuantes crescem melhor e mais vigorosamente em água barrenta do que em água clara. Como quaisquer outras plantas verdes, também estas plantas flutuantes, nas águas amazônicas, constituem um dos inícios da produção de matéria orgânica viva; e a matéria vegetal destas plantas é depois aproveitada também por animais. Assim, para todos os que já colecionaram material hidrobiológico, ou melhor, animais aquáticos de pequeno porte, em águas da região amazônica, é um fato conhecido que entre as raízes flutuantes dêste tipo de vegetação sempre se encontra a mais rica e mais variada fauna aquática, de pequenos crustáceos de diversos grupos, larvas de insetos, hidracarinas, vermes, moluscos e até pequenos peixes.

Devemos, pois, considerar — além dos fatores de turvação e de adubação — também êste terceiro fator, o das plantas flutuantes superficiais, quando quizermos avaliar a influência que a introdução de água barrenta do Amazonas tem sôbre a produtividade biológica de um lago de várzea. Pois estas plantas flutuantes podem aproveitar imediatamente o efeito de adubação do lago pela água do Amazonas sem que de modo algum a produção das mesmas seja atrasada ou diminuida pelo aumento da turvação.

Por enquanto não possuimos dados quantitativos exatos sôbre os fatores descritos. Escolhí o exemplo de um lago de várzea do Baixo Amazonas e a alteração que a produtividade biológica do mesmo sofre com uma alteração artificial da sua água, somente para dar uma idéia como é intrincado e complexo o problema da produtividade de um corpo d'água, da qual depende também a piscosidade do mesmo, com o seu valor para a alimentação do homem.

Falamos nêste exemplo, somente de água clara, límpida, e de água barrenta. Mas temos, na Amazônia, mais um tipo de água, o da chamada „água preta", como o Rio Negro. Sôbre as capacidades de produção de tais águas pretas, típicamente tropicias, não sabemos, por enquanto, quase nada. Somente podemos imaginar que elas devem ser as menores de tôdas as águas amazônicas, como já um interessante fato histórico (STERNBERG 1956, pp. 40 — 42) pode ilustrar:

No século 18, Barcelos foi a séde da capitania de São José do Rio Negro. Para poder abastecer, então, esta capital com os peixes que, no Rio Negro mesmo, há somente em

quantidades muito pequenos, o govêrno criou um chamado Pesqueiro Real na Ilha do Careiro, que manteve um serviço próprio para transportar os peixes salgados, pescados lá no Careiro, a Barcelos, em viagens de 15 dias em canôas!

Um pouco já podemos compreender alguma coisa das razões para tão pequena produtividade das águas pretas, pois elas são geralmente muito ácidas (pH ± 3,9 — 4,5) e químicamente muito pobres em sais dissolvidos os quais não podem ser substituidos pelas substâncias húmicas para o desenvolvimento de plantas aquáticas autotróficas. Além disso, a coloração marron da água significa uma filtração seletiva de certas partes do espectro da luz solar, provavelmente daquelas mesmas que são necessárias para a fotossíntese. E a estas circunstâncias desfavoráveis se junta ainda a ausência de faixas de plantas flutuantes, observada em todas as águas „pretas" (e também em águas levemente pretas) bastante ácidas.

Mas esta evidente pobreza na produtividade de águas pretas deve ser muito mais complicada do que estas simples considerações fazem crer. Existem certos fenômenos ainda inexplicáveis. Assim, pois, achei em algumas águas ácidas (pH 4,5) e levemente „pretas" do sistema fluvial do Rio Arapiuns um desenvolvimento bastante rico de zooplancton ao lado de uma simultânea pobreza notável de fitoplancton (plancton de rêde). Não se conhece ainda o que serve de alimentação para a quantidade de zooplancton (especialmente Copepoda e Cladocera). Não se podia examinar se p. e. existe nannoplancton em quantidades apreciáveis que possa ser aproveitado pelos zooplactontes. Também não se sabe se as substâncias corantes de humus na água dão origem a um rico desenvolvimento de bactérias (o que é pouco provável, pois as substâncias de humus têm antes disso um efeito basterioestático) que seriam então ingeridos pelos zooplanctontes, ou se êstes até utilizariam diretamente as substâncias de humus.

Quando, agora, e já perto da sua bôca, acontece, na água meio preta do Rio Arapiuns, uma mistura com a água verde-clara do Rio Tapajós, então começa imediatamente um intensivo desenvolvimento de fitoplancton. É possivel que a ausência do fitoplancton na água pura do Arapiuns seja causada pelas condições de luz, sendo que a água marron-olivácea do Arapiuns absorve já em camada muito fina as ondas de ação fotossintética da luz solar; a „diluição" com a água clara do Tapajós deixaria então entrar a luz mais profundamente, criando desta maneira uma camada trofogênica muito mais espêssa. Mas também é possivel que haja razões simplesmente hidroquímicas para a evolução maior de fitoplancton na água misturada da bôca do Arapinus. Pois a água pura do Arapiuns é muito ácida (pH 4,5) e extremamente pobre em sais dissolvidos enquanto a água do Tapajós é mais neutra e um pouco mais rica em tais sais.

Também se pode pensar numa eventual importância da ausência ou da presença de elementos oligodinâmicos nas diferentes águas. Uma decisão não pode ser feite à base dos nossos conhecimentos atuais. Tanto mais necessárias parecem agora pespuisas limnológicas na Amazônia com proposições de problemas especiais, depois de se ter elaborado já uma supervisão — mesmo se ainda muito incompleta — sôbre as condições gerais nas águas da mesma. Estudos sôbre elementos oligodinâmicos em solos e águas de certa parte da Amazônia, entretanto, estão em andamento.

A importância das substâncias químicas mínimas determináveis pelos métodos analíticos usuais, para a capacidade de produção, pelo menos das águas claras, pode-se provar pelo fenômeno da floração d'água no Rio Tapajós. Nêste rio — como também, por exemplo, no Rio Xingú — principalmente no início da estação chuvosa e com a

água do rio subinda, acontece uma forte floração de *Anabaena* sp. (uma Cyanophycea) que se encontra flutuando na superfície d'água em grandes manchas e, juntada na margem pelo vento e pelas ondas, transforma alí a água numa sopa grossa e verde.

Estudos feitos por Braun, em 1947/48, (Braun 1952), verificaram que o quimismo da água do Rio Tapajós fica alterado quando as primeiras chuvas fortes arrastam para a água o detrito florestal que se acumulara na mata durante o tempo sêco, e quando a água começa a alagar as faixas marginais do rio, extraindo dos solos destas zonas também certos sais. Dêste modo, a água do rio se enriquece nesta estação do ano não somente com matérias orgânicas, mas também com substâncias inorgânicas dissolvidas que servem de alimentação às plantas verdes e provocam um surto no desenvolvimento de certas espécies de fitoplancton que se nota, então, como floração d'água.

Nas condições do clima quente equatorial, já pequenos aumentos no teôr de substâncias nutritivas que limitam a produção biológica, se fazem sentir imediatamente no desenvolvimento de certas formas de vida na água. Pois a velocidade dos processos vitais, de formação e decomposição de matéria orgânica viva, obedece mais ou menos e dentro de certos limites de temperatura, à regra de Van'T Hoff. E assim vemos, tanto nas águas como na terra, uma aparente alta capacidade de produção chamada em geral „fertilidade" — que pode mas não precisa ser a expressão de um substrato rico em alimentos para as plantas, mas sim a de uma intensidade ou velocidade maior dos processos vitais sem que se disponha de qualquer reserva de alimentos nas águas como nos solos.

Ao contrário, as substâncias nutritivas somente precisam se achar em constante circulação pelos organismos vivos. Um aumento aditivo de tais substâncias resulta então num aumento imediato de produção de vida. Mas com a mesma prestêza segue-se um colápso nêste aumento de produção, quando termina a adição de mais substâncias nutritivas ou quando a vegetação, em muito pouco tempo, tiver gasto a adição que se deu de uma só vez.

A floração da água que se formou muito depressa, morre també́m ràpidamente quando ela tiver consumido o aumento de substâncias nutritivas introduzido na água pelas primeiras chuvas; depois, pelos processos igualmente muito velozes de remineralização, as mesmas substâncias inorgânicas nutritivas estão de novo à disposição de novas gerações de algas, de maneira que a floração da água se repete até que a correntêza do rio arraste as substâncias nutritivas aditivas, introduzidas na água temporariamente, para fora do biótopo daquelas águas e, afinal, para o mar. No caso de culturas agrícolas na terra firme, as plantas cultivadas consomem ràpidamente os sais nutritivos provenientes da cinza da floresta original queimada, crescendo, no início, muito bem — até que, depois de ± dois anos, o solo fica completamente empobrecido, e as culturas, por longos anos, têm que ceder lugar a uma capoeira raquítica.

Para poder compreender bem as diferenças entre as condições dos ciclos vitais em climas temperados — onde êstes foram mais estudados — e em clima tropical, uma comparação é bastante instrutiva. O decorrer dos ciclos vitais nos climas temperados corresponde a um motor pesado, de baixa rotação e que corre apenas com fôrça reduzida de maneira que qualquer distúrbio ou carga adicional é vencido fàcilmente com as reservas existentes; no clima quente úmido equatorial, porém, os ciclos vitais representam um motor leve de alta rotação que sempre corre com tôda fôrça da maneira que êle não dispõe de reservas para eventuais distúrbios etc., que, quando acontecem, geralmente conduzem logo a um colapso dificilmente reparável de todo o mecanismo.

Todos os biologistas que querem transformar ou aproveitar a natureza nos trópicos, e mui especialmente na nossa Amazônia, para o bem do homem, devem sempre ter em mente êste quadro comparativo antes de tocar no equilíbrio lábil da rêde de correlações mútuas que é a natureza original.

Antes de terminar seja tratado ainda o problema da esquistosomose na Amazônia como exemplo da importância de pesquisas limnológicas para o aproveitamento de uma região pelo homen, sob o ponto de vista da saúde dêste.

A esquistosomose, uma doença humana provocada por vermes do grupo dos trematódeos, tornou-se de suma importância na colonização das terras tropicais do globo. No Brasil, onde o verme em questão é o *Schistosoma mansoni*, a doença se tornou o inimigo número um, no Nordeste do país e no Estado de Minas Gerais, especialmente após o problema da malária, a antiga praga maior dos países tropicais e subtropicais, ter sido resolvido pela evolução da medicina moderna.

A esquistosomose é espalhada por caramujos aquáticos, no Brasil da família dos Planorbídeos, e a doença é tão importante na saúde pública de um país porque não se conhecem, por enquanto, meios seguros nem para a cura dos doentes humanos, nem para o combate eficaz dos caramujos-vectores.

Sendo propagada por caramujos aquáticos que servem de hospedeiro intermediário para o trematódeo, a esquistosomose necessita de acumulações de água dôce para a sua distribuição. É interessante observar, porém, que em toda a vasta Amazônia, cujo caráter natural é determinado pela quantidade enorme de grandes e pequenos corpos d'água, só se conhecia até há poucos anos um único fóco de esquistosomose endêmica que se encontrava em Fordlândia, no Rio Tapajós.

Com certeza, a esquistosomose foi importada e está sendo importada muitas vêzes pela corrente quase que contínua de imigrantes vindos do Nordeste do Brasil, quer dizer, de regiões com um alto índice de infecção na população. Mas até agora, a doença conseguiu se fixar e se tornar endêmica somente em Fordlândia. No ano de 1949, a esquistosomose foi pela primeira vez diagnosticada como endêmica pelo Hospital de Fordlândia; mais tarde, em 1950, o Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), constatou, num inquérito, que ± 36% da população de Fordlândia sofreu de esquistosomose, inclusivo muitas pessoas nascidas em Fordlândia e que nunca sairam daquele lugar, e até crianças com poucas semanas de idade.

Como se deve explicar esta posição especial de Fordlândia na Amazônia, em relação à esquistosomose? Pesquisas limnológicas trouxeram o esclarecimento (Sioli 1956c).

Fordlândia está situada na faixa meridional das duas faixas do Carbonífero da baixa Amazônia de cujas peculiaridades, com depósitos de calcáreo, erupções de diabásio, solos mais férteis e águas ± neutras, já falamos. O terreno de Fordlândia é ondulado, em todos os vales correm pequenos igarapés que forneciam água para beber e ocasiões para tomar banho e para lavar roupa aos moradores dos acampamentos de seringueiros etc. Também as crianças, naturalmente, costumavam brincar nêstes igarapés.

Nêstes, vive, entre diversas qualidades do outres caramujos, uma espécie de Planorbídeo classificado pelo especialista Dr. Fritz Haas, em Chicago, como *Tropicorbis* (*Obstructio*) *paparyensis* F. Baker que deve ser considerado como hospedeiro intermediário do *Schistosoma mansoni*. Numa pequena vala do acampamento da Pedreira que representava, até a sua dissolução em 1954, o maior foco da doença, êste Planorbídeo se encontrava em milhares de exemplares por metro quadrado.

Correspondente à sua situação numa das faixas do Carbonífero da baixa Amazônia, os igarapés de Fordlândia possuem um pH ± neutro. Pela comparação com resultados de estudos limnológicos em muitas outras partes da Amazônia, podia-se constatar que *Tropicorbis paparyensis* somente ocorre em águas ± neutras e falta — como acontece com quase todos os muluscos com excepção apenas de poucos representantes da família Ancylidae e do *Ampullarius* (*Ampullarius*) *papyraceus* SPIX com casca muito fina — nas águas ácidas que constituem os igarapés de toda a terra firme amazônica, fora das faixas do Carbonífero. Desta forma, pesquisas hidroquímicas podiam esclarecer porque os igarapés de Fordlândia eram tão favoráveis a uma propagação da esquistosomose pelo caramujo aquático alí presente, de forma que a doença se tornou endêmica justamente aquí e não em muitos outros lugares da Amazônia também.

O caramujo, porém, ocorre também em todos os grandes corpos d'água, mais ou menos neutros, como no Rio Tapajós, Rio Cuminá, nos lagos marginais dêstes rios e do Amazonas, do Solimões, do Madeira etc., onde êle vive na zona de plantas aquáticas flutuantes, como gramíneas, *Eichhornia* spp., *Pistia* sp., etc.

O fato de não ter havido, nestas regiões da Amazônia, um enraizamento da esquistosomose decorre, em parte, de serem os caramujos sempre encontrados em pequeno número nêstes biótopos.

E mais ainda, a população humana nestas margens de rios e lagos é geralmente muito esparsa, e uma eventual concentração de miracídios e cercárias, que são as larvas de *Sch. mansoni*, é tão „diluida" pelos enormes volumes d'água que práticamente não há mais probabilidade de um miracídio encontrar um caramujo como hospedeiro intermediário ou, uma cercária achar um novo hospedeiro humano.

Diferente, porém, é o caso em certas partes das faixas do Carbonífero que são mais densamente habitadas por homens, como nas Colônias Agricolas de Alenquer ou de Monte Alegre, ou numa parte, determinada pela sua geologia, da zona Bragantina ao leste de Belém-Pará, fortemente colonizada por Nordestinos, quer dizer, na região da „Formação Pirabas". Em tôdas estas zonas, os igarapés também possuem um pH mais ou menos neutro, mas nem se acharam nêles exemplares de *Tropicorbis paparyensis*, nem se constataram casos de esquistosomose autóctona entre a população humana.

Em observações comparadas verificou-se que todos êstes igarapés ainda correm na sombra densa da floresta virgem ou de capoeira, que é interrompida, no máximo, em pequenos trechos, por novas roças, Em Fordlândia, porém, todo o terreno da plantação de seringueiras com os seus acampamentos é completamente desflorestado; o seringal plantado mesmo dá somente uma sombra ligeira, e não chega, em nenhum lugar, até as beiras dos igarapés. Em vez disso, as margens dos córregos são sempre limpas de capoeiras, na sua vizinhança plantam-se um pouco de cana de açucar, verduras, etc., e hoje a maior parte da área utilizada de Fordlândia é transformada em pasto para criação de gado. Pela circunstância de estarem os cursos d'água agora expostos ao sol, desenvolveu-se nêles e nas suas beiras uma rica flora de plantas aquáticas submersas ou meio submersas e também de algas faltando entretanto esta flora nos igarapés bem sombreados. E entre estas plantas aquáticas e algas vivem agora os Planorbídeos.

Achamos, pois, além do quimismo das águas o qual, com o seu pH mais ou menos neutro, representa a primeira conditio sine qua non para a vida de *Tropicorbis paparyensis*, mais um segundo fator de importância vital para êstes caramujos, isto é, o da intensa ensolaração do biótopo que possibilita a formação e o crescimento de plantas aquáticas e de algas.

A exposição ao sol dos igarapés não ocorre por enquanto nas outras partes das faixas do Carbonífero da baixa Amazônia ou na região da „Formação Pirabas" dentro da zona Bragantina do Pará (com uma excepção, como veremos), zonas estas que, pelo quimismo das suas águas, seriam favoráveis à vida de *Tr. paparyensis*.

Numa eventual intensificação e modernização da agricultura destas regiões, quer dizer, quando não mais, como até então, se farão somente roças isoladas na floresta ou na capoeira, mas quando, com meios mecânicos, áreas extensas forem desnudadas da vegetação sombreante e não se pouparem, nêste processo, as beiras dos igarapés como se fez em Fordlândia, então as observações limnológicas podem prognosticar o perigo de a esquistosomose, inevitavelmente introduzida com a imigração humana do nordeste brasileiro, se tornar endêmica também nestas partes da Amazônia. É interessante notar que, há poucos anos, descobriu-se um segundo foco de esquistosomose na Amazônia: na Zona Bragantina, na região de Quatipurú, onde existem campos alagáveis, apareceram, entre os moradores, alguns casos autóctones da doença, e nos campos alagados, FITTKAU (comunicação verbal) encontrou os moluscos planorbídeos, porém de uma outra espécie, maior. —

Começou o nosso relatório sôbre a importância da Limnologia em pesquisas da Amazônia com a apresentação da dependência do quimismo das águas naturais da base geológico-mineralógica do ambiente terrestre, e terminou com a descrição da ligação de uma doença humana a certas condições aquáticas. É um quadro largo e amplo que se desenvolveu defronte dos nossos olhos, e os exemplos tratados, escolhidos de trabalhos limnológicos na Amazônia, e que ainda podiam ser aumentados, deviam demonstrar como a água na natureza, além da sua importância em si mesma, representa um élo na cadeia ou uma malha no tecido do grande sucedimento total numa região, e como o seu estudo pode ser valioso e útil para a compreensão do funcionamento interno, da Ecologia, da mesma e, no mesmo tempo, do ponto de vista prático, para a exploração e colonização de espaços ainda pouco aproveitados para a vida da humanidade como o é a nossa Amazônia.

ZUSAMMENFASSUNG

Nach einer kurzen Einführung in den Aufgabenbereich und das Wesen der Limnologie wird die Bedeutung dieser Wissenschaft für die Erforschung des Amazonasgebietes an Hand einiger Beispiele dargelegt.

Das wesentlichste Charakteristikum der amazonischen Natur ist der Reichtum an Gewässern, namentlich Fließgewässern, während wirkliche Seen praktisch nicht vorhanden sind. Gerade Fließgewässer sind in ihren Eigenschaften aber besonders von ihrer terrestrischen Umgebung abhängig und Glieder des Wirkungsgefüges, welches die „Landschaft" ausmacht, aus der sie die Endprodukte des Stoffwechsels derselben abführen. Die chemischen Analysen von Fluß-, Bach- und Quellwässern gestatten somit qualitative und quantitative Einblicke in mineralogische und pedologische Verhältnisse sowie in den Stoffhaushalt der Landschaften der Einzugsgebiete. Biologische Besonderheiten von Gewässern können wiederum durch ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften bedingt sein.

Die chemische Armut und das niedrige pH der allermeisten Bachwässer Amazoniens zeigen an, daß in den Böden der Quellgebiete nur minimale Mengen löslicher Salze, darunter die Nährstoffe für den Pflanzenwuchs, durch Verwitterung frei werden. Nur die Karbonstreifen Unteramazoniens sowie die Region der Formation Pirabas östlich der Amazonasmündung bilden in dieser Beziehung eine Ausnahme. Für diese Formation konnte aus den pH-Werten von Bächen auch eine Abgrenzung ihres Areals versucht werden. Aus Wasser-Analysen konnten zuerst Podsol-Bildungen im brasilianischen Amazonasgebiet aufgezeigt werden, welcher Befund durch spätere Bodenuntersuchungen bestätigt wurde. Die hauptsächlichen Flußtypen Amazoniens sind der Ausdruck von ± bestimmten geomorphologischen sowie auch edaphischen Bedingungen in den Quellgebieten. Vom Chemismus der Gewässer ausgehend läßt sich eine ökologische Gliederung des gesamten amazonischen Raumes aufstellen. Die „Várzea" (das Überschwemmungsvorland) des unteren Amazonas muß dabei als schlauchartige Verlängerung des Hunderte von Kilometern breiten Andenvorlandes, als Fremdkörper in Unteramazonien, aufgefaßt werden. In bezug auf die Produktivität der amazonischen Gewässer wird das in den meisten Fällen äußerst geringe Angebot an den unerläßlichen Grundstoffen für die Primärproduktion durch die ständig höhere Temperatur aufgewogen, die einen beschleunigten Stoffumsatz in den Gewässern bewirkt. Zu den üblichen Primärproduzenten Phytoplankton und submerse Wasserpflanzen kommen im Amazonasgebiet in besonderem Maße die dort charakteristischen schwimmenden Wiesen. Das eigenartige, lokal beschränkte Vorkommen der Schistosomiasis in Amazonien konnte durch die Ergebnisse limnologischer Untersuchungen verständlich gemacht werden.

Beauchamp, R. S. A., 1953: Sulphates in African Inland Waters. — Nature 171: 769.

Bluntschli, H., sem ano: A Amazônia como organismo harmônico. (Trad. do original em língua alemã „Die Amazonasniederung als harmonischer Organismus. — Geograph. Ztschft. 27, 3/4: 49—67, 1921). — INPA — Manáus: Cadernos da Amazônia 1, 37 pp.

Braun, R., 1952: Limnologische Untersuchungen an einigen Seen im Amanzonasgebiet. — Schweiz. Ztschft. f. Hydrologie 14: 1—128.

Camargo, F. C. de, 1949: Terra e colonização no antigo e novo quaternário. — Bol. Mus. Par. E. Goeldi X: 123—147.

Fittkau, E.-J., 1964: Remarks on limnology of Central-Amazon rain-forest streams. — Verh. Internat. Verein Limnol. 15: 1092—1096.

Forbes, St. A., 1887: The lake as a microcosm. — Bull. of the Peoria Scientific Association 1887, 15 pp.

Forel, F. A., 1901: Handbuch der Seenkunde. — Stuttgart: Engelhorn, X, 249 pp.

Katzer, Fr., 1903: Grundzüge der Geologie des unteren Amazonasgebietes (des Staates Pará in Brasilien). — Leipzig: Max Weg, 296 pp.

Klinge, H., 1965: Podzol Soils in the Amazon Basin. — The J. Soil Sc. 16: 95—193.

Klinge, H., and W. Ohle, 1964: Chemical properties of rivers in the Amazonian area in relation to soil conditions. — Verh. Internat. Verein. Limnol., XV: 1067—1076.

Le Cointe, P., 1945: O Estado do Pará. — São Paulo: Companhia Editora Nacional, X, 305 pp.

Oliveira, A. I. de, e O. H. Leonardos, 1943: Geologia do Brasil. — Rio de Janeiro: Min. da Agricultura, XXVI, 813 pp.

Sioli, H., 1949: O Rio Cuparí. — Bol. Técn. Inst. Agr. Norte, 17: 1—50.

Sioli, H., 1954: Gewässerchemie und Vorgänge in den Böden im Amazonasgebiet. — Die Naturwissenschaften, 41, 19: 456/57.

Sioli, H. 1956a: O Rio Arapiuns. — Bol. Técn. Inst. Agr. Norte, 32: 1—116.

Sioli, H., 1956b: As águas da região do alto Rio Negro. — Bol. Técn. Inst. Agr. Norte 32: 117—156.

Sioli, H., 1956c: The only focus of endemic Bilharziasis (*Schistosoma mansoni*) in the Amazon Region. Observations on the Ecology of the vector *Tropicorbis* (*Obstructio*) *paparyensis* F. Baker and their practical importance. — WHO/Bil. Ecol. 1: 1—15.

Sioli, H., 1957a: Die „Fruchtbarkeit" der Urwaldböden des brasilianischen Amazonasgebietes und ihre Bedeutung für eine zukünftige Nutzung. — Staden-Jahrbuch 5: 23—36.

Sioli, H., 1957b: Beiträge zur regionalen Limnologie des brasilianischen Amazonasgebietes. IV. Limnologische Untersuchungen in der Region der Eisenbahnlinie Belém—Bragança („Zona Bragantina") im Staate Pará, Brasilien. — Arch. f. Hydrobiol. 53: 161—222.

Sioli, H., 1957c: Sedimentation im Amazonasgebiet. — Geolog. Rundschau 45: 608—633.

Sioli, H., 1963: Beiträge zur regionalen Limnologie des brasilianischen Amazonasgebietes. V. Die Karbonstreifen Unteramazoniens. — Arch. f. Hydrobiol. 59: 311—350.

Sioli, H., e H. Klinge, 1962: Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. — Bol. Mus. Par. E. Goeldi, nova série; Avulsa 1: 27—41.

Sternberg, H. O'Reilly, 1956: A água e o homem na várzea do Careiro. — Rio de Janeiro: Tese de concurso à Cátedra de Geografia do Brasil da Fac. Nac. de Filosofia da Universidade do Brasil.

Endereço do autor: Prof. Dr. Harald Sioli
Hydrobiologische Anstalt der MPG,
Plön (Holstein),
Postfach 89,
ALEMANHA, Rep. Fed.

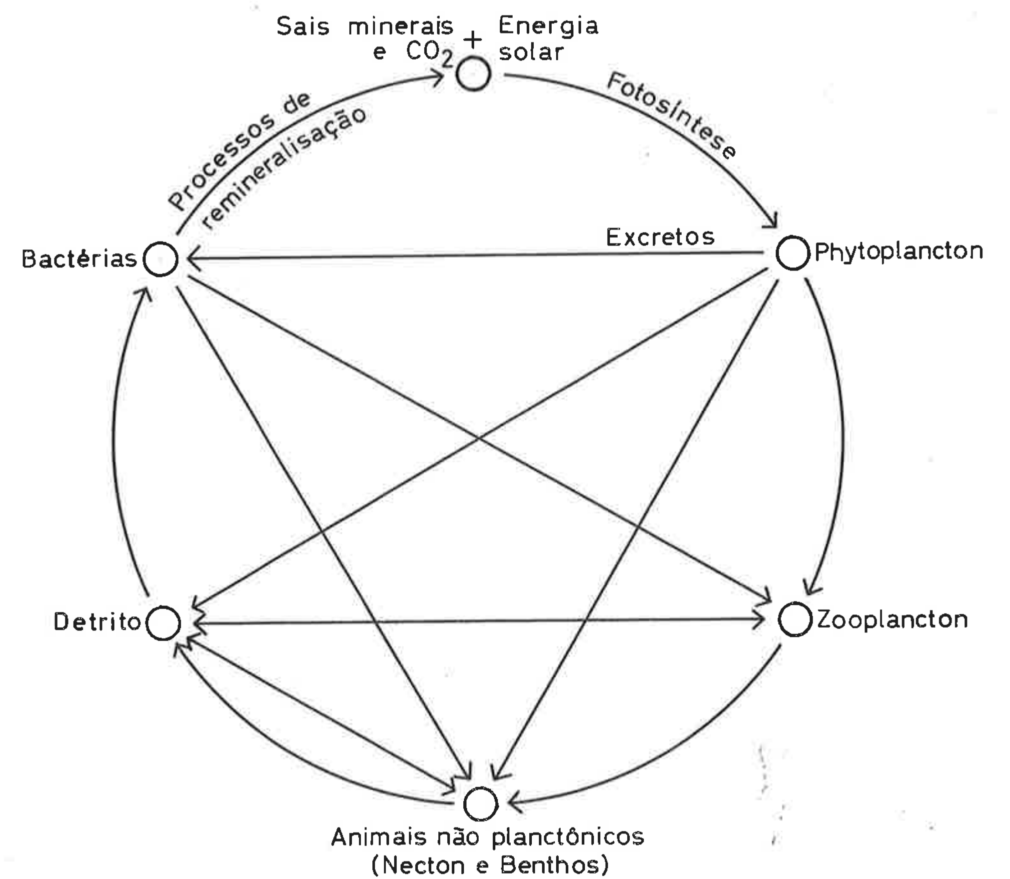


Fig. nº 1: Esquema dos ciclos físicos, químicos e biológicos num lago idealisado.

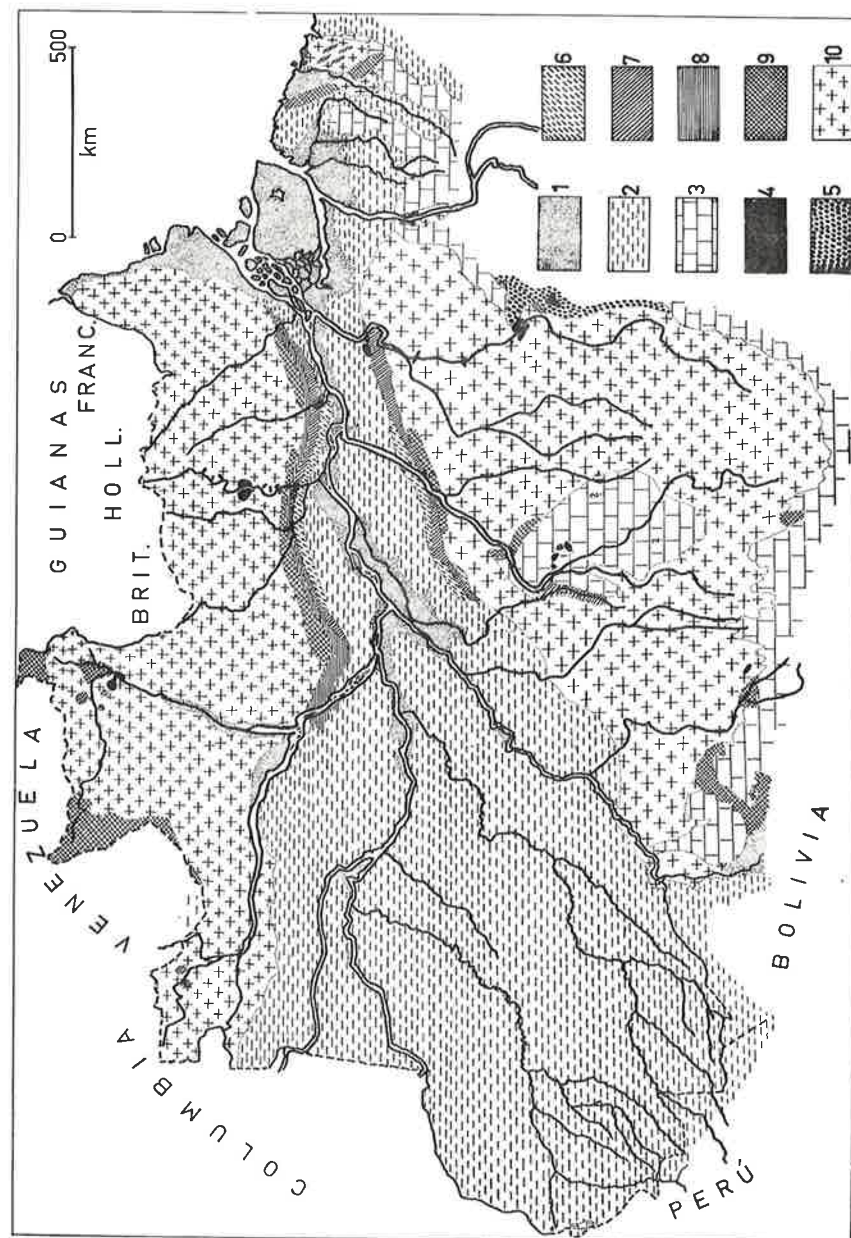


Fig. nº 2: Mapa geológico da Amazônia brasileira, seg. A. I. de Oliveira, 1938.
Legenda: 1 Quaternário; 2 Terciário; 3 Cretáceo; 4 Erupções de diabásio do Rético (?); 5 Permiano; 6 Carbonífero; 7 Devoniano; 8 Siluriano; 9 Presiluriano; 10 Arqueano.



Foto nº 1: Floresta alta, original, na terra firme da região do Terciário, série das barreiras, ao leste de Belém — Pará, na Zona Bragantina.



Foto nº 2: Capoeira raquítica, na Zona Bragantina, em terreno outrora coberto por floresta alta, depauperado após alguns anos de aproveitamento por atividades agrícolas.



Foto nº 3: Granito no leito do Rio Marauiá, na zona geológica do arqueano do maciço das Guianas, ao norte do médio Rio Negro perto da fronteira com a Venezuela.



Foto nº 4: Afloramento de diabásio no Rio Cuparí, formando a cachoeira do Flechal.



Foto nº 5: Floresta alta na várzea do Baixo Amazonas.



Foto nº 6: Floresta nas ilhas de aluvião do Rio Tapajós.



Foto nº 7: Vegetação baixa e raquítica na zona de sedimentação do sistema fluvial do Rio Arapiuns.



Foto nº 8: Canal artificial, na Sub-Estação do Maycurú, que conduz água barrenta do Amazonas às lagôas de várzea. Foto: O. Penner.



Foto nº 9: Tapête de gramíneas flutuantes, de enorme extensão, cobrindo grande área dum lago de várzea do Baixo Amazonas.